

## УДК 615.84

*М. Ю. Солодкий, студент гр. ПН-61-2, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

### СИСТЕМА ПОРТАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЇ

**Анотація.** Для скрінінгу стану здоров'я людини та діагностики серцево-судинної системи часто використовують системи та апарати електрокардіографії (ЕКГ). В основі електрокардіографії лежить процес зняття біоелектричних потенціалів серцевих скорочень, з електродів, що знаходяться на поверхні тіла пацієнта. Сигнали, отриманих ЕКГ, мають амплітудну складову біля  $\pm 3$  мВ та частоти від 0,05 Гц до 150 Гц. Діагностично важливий зубець Т має частоту від 4 до 7 Гц, тоді як зубці R і P - від 10 до 17 Гц. Потенціал контакту між шкірою та електродом може додати приріст 300 мВ зміщення сигналу постійного струму до електрода за рахунок клітинного потенціалу тіла людини. Інші компоненти діагностичного сигналу включають складові шуму та перешкоди на частотах (50- 60) Гц від ліній електропостачання, які відфільтровують. Розроблена портативна система ЕКГ забезпечує достатню точність діагностики та, є достовірним та безпечним контролем стану здоров'я людини. Процеси замірів градієнтів температури в зоні виміру відбуваються комплексно в взаємодії з спеціалізованим датчиком.

**Ключові слова:** електрокардіограма, вимірювання електрокардіограми, діагностична система ЕКГ.

### ВСТУП

Хвороби серця є провідною причиною смерті, як в світі, так і в Україні, що становить майже 70% усіх смертей і забрало життя приблизно 400 000 українців лише у 2018 році. [1] В усьому світі ішемічна хвороба серця становила більше 15,5% від загальної кількості смертей, що оцінюється загалом у понад 8 млн смертей. [2] Існує глобальний попит на моніторинг та виявлення проблем із серцем з метою збереження здоров'я населення

Системи стаціонарного скрінінгу стану здоров'я досить повільні та мають суттєві труднощі в охопленні всіх верств населення. У медичних закладах м. Києва підраховано, що більш ніж 30% часу витрачається на очікування між початковим направленням від кардіолога та терміновим хірургічним втручанням. За цей час пацієнти, яким загрожують життя, захворювання серця, зазнають часто, непоправного негативного впливу, поки вони очікують на початок надання термінової медичної допомоги. [3]

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ РОЗРОБКИ

Основна мета розробки системи портативної електрокардіографії (СПЕ) це надання медичним працівникам, які працюють у складних умовах, таких як відновлення після катастроф та гуманітарна допомога, портативного електрокардіографічного пристрою з 12-ти електродною системою відведень, для допомоги у миттєвій діагностиці серцево-судинних проблем. Він також може використовуватися в розвинених країнах світу для надання більш оперативної інформації з ЕКГ по 12 відведенням, включаючи моніторинг Холтера, для постійного контролю пацієнтів з різким перепадом стану протікання кардіологічних захворювань.

Сама система СПЕ конструктивно має невеликі розміри, працює з компактним акумулятором до 12 годин автономно і може працювати з підключенням до комп'ютера через порт USB при розрядженому акумуляторі.

Окрім режимів ручного діагностування та моніторингу, система портативної електрокардіографії містить карту microSD, яка підтримує автономну реєстрацію даних, коли СПЕ використовується в умовах тривалого

моніторингу. Підтримка автоматизованих систем діагностики необхідна для попередження чергового медичного персоналу, для випадків, коли параметри ЕКГ будуть поза межами допустимих діапазонів, щоб миттєво відреагувати на серцево-судинні проблеми які можуть загрожувати життю пацієнта. [4]

Задачею розробки такої портативної системи електрокардіографії для дослідження роботи серцево-судинної системи людини з діагностикою аритмії є розширення функціональних можливостей за рахунок впровадження системи температурного контролю, автоматизація процесу накопичення та зняття діагностичної інформації, зростання безпечності та ефективності використання діагностичних процедур. [5]

### **ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ПОРТАТИВНОГО ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА**

В сучасних електрокардіографах досить широко застосовуються системи збору інформації про стан функціонування серця та кровоносної системи людини. Такі портативні системи, а особливо, автоматизовані системи діагностики вкрай необхідні для сучасної медичної практики.

На рис. 1 представлена структурна схема автоматизованої портативної системи електрокардіографії.

З електродів, підключених до пацієнта сигнали поступають через два мультиплексори низького вхідного діапазону та високої роздільної здатності на підсилювач біопотенціалів. Перетворення аналогового сигналу з підсилювача відбувається в аналого-цифровому перетворювачу (АЦП). Процеси комутації мультиплексорів, затримка дискретизації вибірки виконується спеціалізованим цифровим обладнанням, тоді як функціонування АЦП високого вхідного діапазону та низької роздільної здатності і цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), який входить в склад мікроконтролера, зі зміщенням сигналу та обробляється програмними перериваннями. Використання спеціального цифрового обладнання для високошвидкісної та високоточної лінії даних забезпечує незначне коливання вибірки та мале навантаження на процесор мікроконтролера (МК).

Цифрове обладнання використовує прямий доступ до пам'яті для передачі даних з АЦП в оперативну пам'ять без втручання процесора. Після того, як буфер із 512 байтів заповнюється завданням, за допомогою програмного забезпечення підміняється буфер вибірки порожнім буфером і передає заповнений буфер далі. Передача буферу відбувається разом із заголовком, щоб допомогти синхронізації послідовних даних хосту через бездротовий контролер (Bluetooth) або USB-контролер.

У той час як цифрове обладнання здійснює мультиплексорну комутацію та вибірку даних, переривання спрацьовує, коли мультиплексор переходить до зміни вихідної напруги ЦАП, що зміщує низький діапазон вхідного сигналу АЦП високої роздільної здатності в діапазон напруги сигналу, що відбирається.

В розробленій нами автоматизованій портативній системі електрокардіографії з діагностикою температур з пацієнту використовується комплексний спосіб фільтрації біоелектричних потенціалів пацієнта. Апаратні

підсилювачі повинні мати великий коефіцієнт загального режиму відхилення диференціального підсилювача для фільтрації шуму звичайного режиму та зміщення сигналу постійного струму, наявного на шкірі та генерованого електродами. [6]

Сучасний ринок портативних ЕКГ є досить широкий. Портативні електрокардіографи (ПЕКГ) можна розділити на дві основні класи: стаціонарні та придатні для носіння – переносні (ППЕКГ). В свою чергу вони можуть бути індикаторні (фітнес) та клінічні, їх також можна розділити на категорії. Більшість ППЕКГ мають від 1-3 відведення та цільовий ринок фітнесу та здорового способу життя, оскільки вони не дають повної інформації для повноцінної медичної діагностики. Програма Kardia - це перший і єдиний додаток для систем iOS, який дозволяє використовувати очищені алгоритми навчання, які використовуються у поєднанні з двома портативними електродами. Це єдина система, яка здатна виявляти нормальне повне серцебиття або дефібриляцію передсердь, використовуючи фільтр низьких частот 40 Гц та статистичний аналіз на різницю значень амплітуди пікових зубців R. Дослідження показали, що він має значну кількість похибок у зв'язку із непослідовним розміщенням електродів, ніж традиційний ЕКГ. Клінічні ЕКГ можна розділити на дві категорії: ліжкові монітори та діагностичні монітори. Хоча діагностичні монітори мають 12 відведень і надають інформацію, необхідну для діагностики ускладнених серцевих захворювань, ліжкові монітори є більш мінімалістичними, оскільки головна мета - виявити серцевий ритм та прості ритми QRS-комплексу, залежно від стану пацієнта. Ліжкові ЕКГ-електроди, як правило, залишаються на пацієнтах довші періоди часу, і вимагають більш витривалих електродів. При цьому контролюють параметри температури в цій же ділянці з початку процедури дії і до її закінчення за допомогою спеціального датчика контактуючи з поверхнею тіла. [7]

На рис.1 приведена структурна схема автоматизованої системи портативної електрокардіографії.

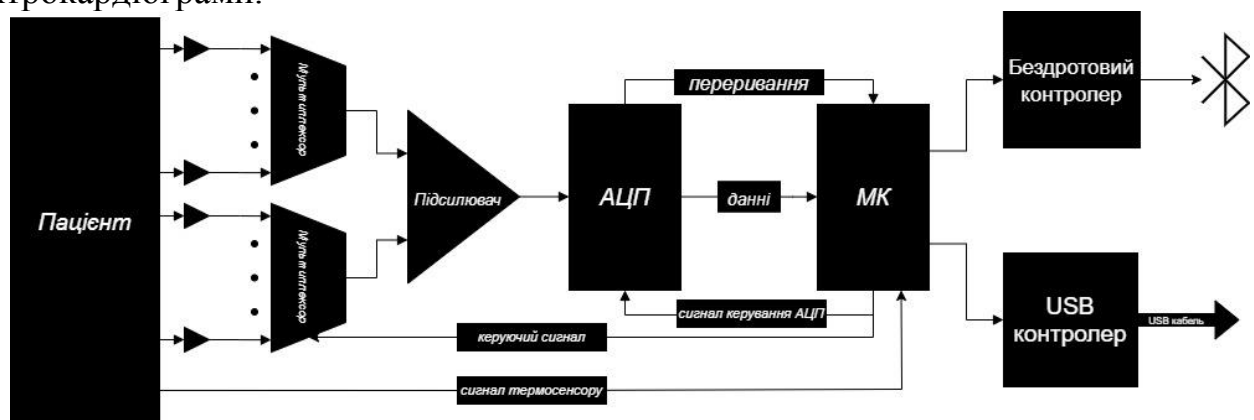


Рис. 1 Структурна схема автоматизованої портативної системи електрокардіографії

## ВИСНОВКИ

Розроблена автоматизована система портативної електрокардіографії з новітнім алгоритмом комплексної діагностики значень зубців, інтервалів ЕКГ та

значень температури в моменти реєстрації параметрів ЕКГ людини дозволила підвищити точність діагностики стану серцево-судинної системи та серця і розширити функціональні можливості за рахунок врахування температурного градієнту тіла пацієнта .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Спільний проект Державної служби статистики України та Українського центру суспільних даних. – <https://socialdata.org.ua/death/>
- [2] A. Kyrylova and N. Tereshchenko, “Estimation of ultrasound influence on biological tissue”, in Proc. XIII Int. Ph.D. Workshop OWD 2011, Conference Archives PTETIS, Wisla, Poland, 2011, pp. 319—323.
- [3] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288 с. ISBN 978-966-622-952-9 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>
- [4] Терещенко М.Ф. Біофізика: лабораторний практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 176 с. ISBN 978-966-622-980-2 <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31467>
- [5] М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко, Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія . Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. ISBN 978-966-622-874-4, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>.
- [6] Грузинська О.Т., Терещенко М.Ф. Метод електрокардіологічного дослідження з розширеними функціями / Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. – 2019. – с.298-301
- [7] Дипломне проектування [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання дипломних проектів для студентів напрямку 6.0909 – «Прилади» спеціальності “Медичні прилади і системи” усіх форм навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад.: Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, С. П. Вислоух, О. І. Паткевич. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,26 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2008. – 104 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32089>

*Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко*